

## **Curso de grado en Ingeniería Eléctrica**

**1. Nombre de la asignatura:** Estabilidad de los Sistemas Eléctricos de Potencia

**2. Materia:** Instalaciones y sistemas eléctricos de potencia

**3. Créditos:** 10

### **4. Objetivos**

El curso brinda herramientas que posibilitan la comprensión del comportamiento dinámico de los Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP). En particular el alumno quedará facultado para modelar la red de potencia y los principales componentes, simular computacionalmente la conducta dinámica del sistema, analizar diferentes fenómenos dinámicos ( estabilidad transitoria, estabilidad en pequeña señal, etc.) y estudiar acciones correctivas.

### **5. Metodología de enseñanza**

El curso consta de 60 horas de sesiones expositivas en que se cubrirán tanto aspectos teóricos como aplicaciones y ejercicios.

En 10 horas aula se cubrirán los ejercicios de simulación digital. En estas se presentarán las herramientas computacionales a ser empleadas y se introducirán los ejercicios a ser desarrollados por los alumnos.

### **6. Temario**

1. Conceptos básicos.
2. Modelado de componentes de SEP para estudios de estabilidad
3. Modelado de sistemas multimáquina
4. Estabilidad de sistemas dinámicos
5. Estabilidad Transitoria
6. Estabilidad frente a pequeñas perturbaciones
7. Estabilidad de tensión
8. Tópicos de control de SEP

### **7. Bibliografía**

Power System Stability & Control, Prabha Kundur, Mc. Graw Hill, ISBN 0-07-035958-X, 1993.

Power System Control & Stability, P.M. Anderson & A.A. Fouad, IEEE Press, 1994, ISBN 0-7803-1029-2, 1977

Voltage collapse and transient energy function analyses of AC/DC systems, Claudio Canizares. PhD Thesis, University of Wisconsin-Madison, 1991

## 8. Conocimientos previos exigidos y recomendados

Modelado y análisis en régimen permanente de redes de potencia y máquinas eléctricas, flujo de carga, ecuaciones diferenciales, uso de herramientas computacionales de simulación.

## ANEXO

### Temario detallado

Entre paréntesis se detallan las horas de aula teórico-práctica en primer término y las de ejercicios de simulación por cada tema.

<b>1</b>	<b>Conceptos básicos.</b>		<b>(3,0)</b>
1.1	Características básicas de los SEP. Estructura. Control de sistemas de potencia Criterios de diseño y operación de sistemas de potencia	1	
1.2	Introducción a la estabilidad de sistemas de potencia. Conceptos básicos y definiciones Tipos de estudio de estabilidad	2	
<b>2</b>	<b>Modelado de componentes de SEP para estudios de estabilidad</b>		<b>(14,2)</b>
1.3	Máquina sincrónica Teoría y modelado de máquinas sincrónicas Parámetros de la máquina sincrónica Representación de la máquina sincrónica en estudios de estabilidad	9	
1.4	Cargas Modelos estáticos y dinámicos Modelos de los motores de inducción	2	
1.5	Sistemas de excitación Requerimientos, elementos y tipos. Comportamiento dinámico. Funciones de control y protección. Modelos.	2	
1.6	Suministradores primarios de energía. Turbinas hidráulicas y térmicas.	1	
1.7	Simulación digital.		
<b>3.</b>	<b>Representación de Sistemas Eléctricos de Potencia</b>		<b>(5,5)</b>
3.1	- Modelo del Transformador Parámetros y circuito equivalente Determinación de los parámetros Performance		(0.5 , 1)
3.2-	Modelo de las líneas Parámetros de las líneas Modelo de líneas Performance		(1 , 1.5)
3.3-	Análisis de flujo de carga Presentación del problema de flujo de carga		(1.5 , 2.5)

Solución del flujo de carga		
Estudio del Software y aplicaciones		
3.4 - Inclusión del modelo de la máquina para estudios de estabilidad.	(2, 0)	
Ecuación de swing		
Representación de sistemas multimáquinas.		
<b>4. Estabilidad de sistemas dinámicos</b>		<b>(3,1)</b>
Modelos en el espacio de estados		
Estabilidad. Lyapunov		
Herramientas de análisis		
Linealización		
<b>5. Estabilidad Transitoria</b>		<b>(12,3)</b>
5.1 Introducción	0.5	
5.2 Ejemplo máquina - bus infinito		
trayectoria	1	
criterio de igual área		
formulación Lyapunov	1.5	
respuestas a CC	1.5	
influencia de factores	1	
Ejercicios		
5.3 Análisis de faltas no balanceadas	2	
Ejercicios		
5.4 Protecciones	1	
5.5 Estudio de caso. Sistema de varias máquinas	3	
Ejercicios		
5.6 Métodos directos	0.5	
<b>6. Estabilidad frente a pequeñas perturbaciones</b>		<b>(10,2)</b>
6.1 Introducción	0.5	
6.2 Ejemplo máquina-bus infinito		
modelo elemental	2	
modelos incluyendo		
circuitos de campo		
sistema de excitación		
amortiguadores	2	
Ejercicios		
6.3 Modelado de sistemas multimáquina	0.5	
6.4 Análisis de autoestructura	2.5	
6.5 Estudio de caso. Sistema de varias máquinas	2.5	
Ejercicios		
<b>7. Estabilidad de tensión</b>		<b>(6,0)</b>
7.1 Introducción	(1 hora)	
-Definición de estabilidad de tensión.		
-Ejemplo simple de línea radial. Influencia del modelo de carga y de la compensación de reactiva.		

- Descripción de casos reales de colapso de tensión
  - Descripción cualitativa de los elementos fundamentales del sistema de potencia(modelos de carga,tipo de compensación,límites de reactiva de los generadores,etc.) que determinan el fenómeno.
  - 7.2 Bases matemáticas del análisis de la estabilidad de tensión (1,5 horas)
    - Modelo matemático del sistema de potencia
    - Teorema de Hartmann-Grobman (sin demostrar)-Definición de bifurcaciones y tipos genéricos de bifurcación.
    - Ejemplo simple de bifurcación silla-nodo.
    - Relación cualitativa entre la bifurcación silla-nodo y el colapso de tensión.
    - Caracterización de las bifurcaciones silla-nodo:Teorema de Sotomayor (sin demostrar)
  - 7.3 Métodos de análisis de la estabilidad de tensión (1,5 horas)
    - Descripción cualitativa de métodos estáticos y dinámicos
    - Validación de los métodos estáticos clásicos.
    - Método directo
    - Método de continuación
  - 7.4 Índices y márgenes de estabilidad de tensión (1,5 horas)
    - Curvas P-V y Q-V
    - Índices derivados del análisis modal
  - 7.5 Medidas correctivas (0,5 horas)
    - Descripción cualitativa de métodos correctivos
    - Aplicación del cálculo de vectores propios a la selección de barras críticas
    - Cálculo de refuerzos de reactiva mediante curvas Q-V
- 8. Tópicos de control de SEP (4,0)**
- Reguladores de tensión ( AVR) y de frecuencia (AGC)
  - Estabilizadores (PSS)
  - Control de potencia reactiva

### **Forma de evaluación**

Los alumnos deberán entregar una serie de trabajos obligatorios para los que se establecerán plazos de entrega. Serán tres o cuatro trabajos obligatorios; uno de ellos podrá comprender la exposición de un artículo o un estudio de caso. La asignatura no tiene examen.

### **Previaturas**

Las asignaturas  
Redes Eléctricas o Redes Eléctricas II,  
Introducción a la Electrotécnica,  
Ecuaciones diferenciales,  
Métodos numéricos,  
en la modalidad curso a curso.

### **Estimación de la dedicación esperada del alumno**

Asistencia a aulas teórico-prácticas:	57 horas
Asistencia a clases de simulación	13 horas
Estudio individual o grupal	60 horas

Preparación de entregas	20 horas
Total	150 horas

**Cupo mínimo: 6 alumnos**

Se justifica por el esfuerzo relativamente grande para dictar por primera vez el curso y a la presencia de suficientes asignaturas electivas en el perfil potencia. De no alcanzarse el número mínimo los alumnos podrán realizar el Curso de actualización Profesional a dictarse a partir del año próximo.

APROBADO POR RESOLUCION DEL CONSEJO DE FACULTAD  
DE FECHA 02.12.02 SEGUN EXP. 061900-000435-02